

УДК 615.847.8

Б.Е. Нагаєва, студентка гр. ПБ-371мп, М.Ф. Терещенко к.т.н., доцент
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ВПЛИВ МАГНІТНОГО ПОЛЯ НА ТЕМПЕРАТУРНІ ПАРАМЕТРИ БІОЛОГІЧНИХ ТКАНИН

Анотація Проведено дослідження існуючих методів та принципів побудови сучасних магнітофізіотерапевтичних апаратів з метою порівняння їх впливу на температурні параметри біологічних тканин. Проведена оцінка впливу магнітного поля (МП) на біологічні тканини (БТ), встановлений розподіл постійної та змінної складових магнітного поля в самих вихідних індукторах та досліджуваному об'єкті «вихідний індуктор-біологічна тканина» в магнітофізіотерапевтичних апаратах (МФТА) «МАГ-30», «МИТ-11» та характері змін значень температури біологічної тканини під час фізіотерапевтичної процедури.

Ключові слова: магнітне поле, температура біологічних тканин, магнітотерапія.

ВСТУП

Біофізики і лікарі, які вивчають фізіологічні процеси, що відбуваються під впливом магнітного поля в організмі людини, перш за все, відзначають важливий вплив магнітного поля на систему кровообігу, стан кровоносних судин, активність перенесення кисню через кров, транспортування поживних речовин через напівпроникні мембрани клітин [1].

ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ПУБЛІКАЦІЙ

Магнітне поле, на відміну від інших фізіотерапевтичних факторів, наприклад, лазерного або ультрафіолетового проміння, оточує людину всюди, тобто є частковою складовою людського організму.

Так одним із інтегральних показників оцінки дії магнітного поля на біологічну тканину може бути зміна їх температурних параметрів [2,3].

Завдання сьогодення – це створення адаптивних апаратів, що забезпечує формування різних просторових структур магнітних полів більш складної форми, що змінюються в часі з природними біологічними ритмами людини і характером протіканням реальних фізіологічних процесів.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для розробки нових типів магнітофізіотерапевтичних апаратів необхідна нова концепція побудови таких апаратів з можливістю керування параметрами діючого магнітного поля, оцінка впливу магнітного поля на біологічний об'єкт, розділення постійної, змінної та імпульсної складових магнітного поля в самому індукторі та досліджуваному комплексі «вихідний індуктор-біологічна тканина» та врахування об'єктивної оцінки дії магнітного поля на біологічне середовище.

Такою оцінкою дії магнітного поля може бути зміна параметрів температур біологічного середовища під час проведення фізіопроцедури [3,4].

Для розрахунків параметрів індуктора припустимо, що значення магнітної індукції мідного індуктора без сердечника носить лінійний характер коливань значень магнітної індукції $B(t)$ при зміні струму $I(t)$ [3].

Так магнітна індукція індуктора МФТА розраховується за формулою:

$$B(t) = k_B \cdot I(t), \quad (1)$$

де $I(t)$ – зміна значень сили струму, k_B – постійна індуктора по магнітній індукції.

При впливі магнітного поля на біологічне середовище (БС) зовнішнє магнітне поле взаємодіє з магнітним полем БС. Залежність змін значень амплітуди магнітної індукції $B(t)$ від частоти f та часу t визначає характер теплових ефектів та характеризується, як частотним коефіцієнтом K_f , так і коефіцієнтом k_B – постійної індуктора по магнітній індукції.

Значення коефіцієнта постійної індуктора по магнітній індукції k_B , в низько інтенсивному терапевтичному діапазоні до 100 мТл, залежить від виду магнітного поля (постійне, змінне чи імпульсне):

$$k_B = \sqrt{K_{\text{ВП}}^2 + K_{\text{ВЗ}}^2 + K_i^2}, \quad (2)$$

де $K_{\text{ВЗ}}$ – постійна індуктора по магнітній індукції при подачі змінного струму; $K_{\text{ВП}}$ – постійна індуктора по магнітній індукції при подачі постійного струму; K_i – постійна індуктора по магнітній індукції при подачі імпульсного струму.

Теоретико - експериментальні дослідження встановили, що температура $T(^{\circ}\text{C})$ в зоні дії МП прямо пропорційна часу t дії та значенню магнітної індукції $B(t)$ і зворотно пропорційна значенням теплоємності одиниці об'єму C_q , імпедансу Z , площі зони локальної дії S , провідності середовища σ [4,5]:

$$T(^{\circ}\text{C}) = \frac{K_m \cdot K_{\text{БТ}} \cdot K_f \cdot B(t) \cdot t}{Z \cdot C_q \cdot \sigma \cdot S}, \quad (3)$$

де $K_{\text{БТ}}$ – коефіцієнт біологічної тканини, K_m – коефіцієнт перетворення сигналу, K_f – коефіцієнт залежності від частоти, σ – провідність середовища, C_q – теплоємність одиниці об'єму біологічної тканини, S – площа зони локальної дії.

Значення імпедансу z – біологічних систем визначається тільки омичним R і ємнісним X_C опорами в зоні дії [5]:

$$z = \sqrt{R^2 + X_C^2}, \quad (4)$$

а площа зони дії МП обчислюється за формулою:

$$S = \pi r^2, \quad (5)$$

де r – радіус зони впливу поля.

Підставляючи значення рівнянь (4) і (5) в формулу (3) отримаємо:

$$T(^{\circ}\text{C}) = \frac{K_m \cdot K_{\text{БТ}} \cdot K_f \cdot B(t) \cdot t}{C_q \cdot \sigma \cdot \pi \cdot r^2 \cdot \sqrt{R^2 + X_C^2}}, \quad (6)$$

Промодельюємо вплив магнітного поля на шкіру людини для магнітотерапевтичних апаратів «Маг-30» та «МИТ-11» в їх основних режимах. В формулу (6) підставимо основні дані параметрів та порівняємо з експериментальними даними. Виміряємо і визначимо реальні значення зміни температури як самого індуктора $T_i(^{\circ}\text{C})$ в процесі роботи, так і сумарну, повну температуру $T_n(^{\circ}\text{C})$ при дії на біологічну тканину. Тоді модуль різниці (градієнт) температури яка змінювалась на біологічній тканині буде

$$Tb(^{\circ}C)=|Tn(^{\circ}C) - Ti(^{\circ}C)| \quad (7)$$

На базі проведених досліджень отримаємо графіки температурних змін в біологічній тканині в залежності від часу дії магнітного поля та магнітної індукції.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Мета дослідження - залежність температурних показників БТ від впливу магнітного поля. Для цього було використано апарат низькочастотної магнітотерапії «МАГ-30-4» та апарат для комбінованої фізіотерапії «МИТ-11».

Вимір значень магнітної індукції виконувався на мілітесламетрі «Ф4356», а температура на тепловізорі Mobir 3M. На першому етапі вимірювали температуру тепловізором на поверхні індуктору та на поверхні біологічної тканини під дією магнітного поля. Результати наведені у табл.1.

Таблиця 1. Результати температур $^{\circ}C$ з апаратом «МАГ-30-4»

| Наявність біологічної тканини | Час (хв) | | | |
|-------------------------------|----------|------|------|------|
| | 0 | 1 | 5 | 10 |
| Ні | 31,6 | 32,2 | 33 | 34,2 |
| Так | 30,1 | 30,9 | 31,2 | 30,4 |

Значення магнітної індукції 8,8 мТл.. Дані у таблиці — $^{\circ}C$ градуси Цельсія в залежності від часу, зафіксовані тепловізором під час експерименту.

Під час другого етапу використовувався той самий метод фіксування даних, на апараті «МИТ-11» з правим і лівим індукторами в 4 режимах.

Результати наведені у табл.2.

Таблиця 2. Результати температур з апаратом «МИТ-11»

| Режим індукції | Значення індукції магнітного поля (мТл) | Без біологічної тканини | | | З біологічною тканиною | | | Правий (П) чи лівий (Л) індуктори |
|----------------|---|-------------------------|------|------|------------------------|------|------|-----------------------------------|
| | | Час (хв) | | | Час (хв) | | | |
| | | 1 | 2 | 5 | 1 | 2 | 5 | |
| 6 | 1,4 | 24,5 | 24,9 | 26 | 23,7 | 24,4 | 25,6 | П |
| | 1,1 | 24,2 | 24,6 | 25 | 23,1 | 24 | 24,8 | Л |
| 12 | 2,6 | 26,3 | 26,9 | 26,8 | 25,6 | 26 | 26,1 | П |
| | 2 | 25,3 | 25,6 | 25,8 | 24,9 | 24,8 | 25,1 | Л |
| 15 | 3 | 27,3 | 28,1 | 29 | 26,7 | 27,7 | 28,6 | П |
| | 2,6 | 26,2 | 26,8 | 28,2 | 25,2 | 25,9 | 27,7 | Л |
| 18 | 3,7 | 27,7 | 30,8 | 30,2 | 26,9 | 29,3 | 29,4 | П |
| | 3,6 | 27,3 | 30,4 | 29,8 | 26,4 | 28,8 | 28,9 | Л |

Використовуючи формулу 7, ми визначимо різницю температур БТ під час дії магнітного поля.

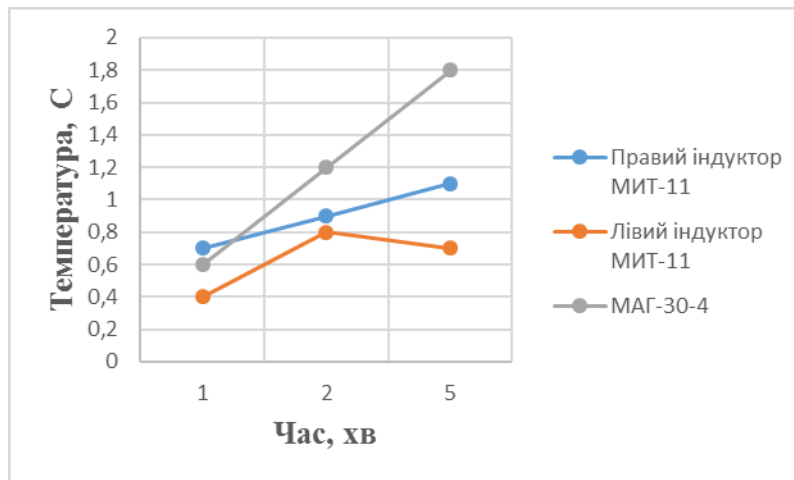


Рисунок 1. Графік різниці температур БТ при дії МП в часу

ВИСНОВКИ

Встановлено залежність зміни градієнта температур БТ від дії магнітного поля та часу впливу. Зростання часу дії магнітного поля на біологічну тканину визиває ріст градієнта температур. Це підтверджують різниця між кривими на рис.1: температура індуктора без біологічної тканини постійно підвищується, проте з біологічною тканиною починається впливати взаємодія зовнішнього МП та біомагнетизм БТ.

Дані дослідження будуть використати для розробки адаптивних апаратів магнітотерапії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Соловйова Г.Р. Магнітотерапевтична апаратура. / Г.Р. Соловйова — М.: Медицина, 1991. — 176с.
2. Малков Ю.В. Апарат для магнітотерапії та магнітофореза «Полюс-3» / Ю.В. Малков, А.І. Коробков, Н.А. Петрова // Мед.техніка. — 1993. — № 2. — С. 46-48.
3. Терещенко М.Ф., Гриценко В.В.. Методи та принципи побудови фізіотерапевтичної апаратури імпульсних магнітних полів // Вісник НТУУ «КПІ». Серія приладобудування. — 2009.- Вип.38.- С.127-135
4. Терещенко М.Ф., Кос О.С. Особливості та структура автоматизованого магнітотерапевтичного апарату // Вісник НТУУ «КПІ». Серія приладобудування. — 2014.- Вип.48(2).- С.188-193
5. Тимчик Г.С. Система температурного контролю в магнітотерапії / Г.С. Тимчик, М.Ф. Терещенко, В.Ю. Рудик // Наукові вісті НТУУ «КПІ». Серія приладобудування. — 2013. — № 1(87) — С. 111–116.

Наук. керівник – к.т.н., доцент. Терещенко М.Ф.